

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-082156

(43)Date of publication of application : 21.03.2000

(51)Int.Cl.

G06T 17/00

G09C 5/00

(21)Application number : 10-250980

(71)Applicant : KANAI OSAMU
N K EKUSA:KK

(22)Date of filing : 04.09.1998

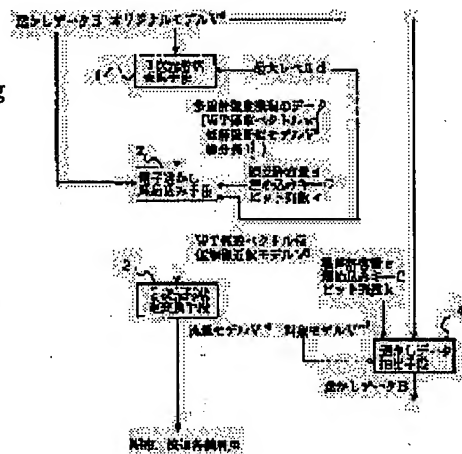
(72)Inventor : KANAI OSAMU
DATE HIROAKI
AOKI KIYOSHI
ENDO AKIHIKO

(54) METHOD FOR EMBEDDING ELECTRONIC INFORMATION DATA AND METHOD FOR EXTRACTING, DEVICE FOR EMBEDDING ELECTRONIC INFORMATION DATA AND DEVICE FOR EXTRACTING, AND STORAGE MEDIUM RECORDING PROGRAM FOR THE SAME METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a method for embedding electronic information data including copyright information or the like into three-dimensional shape data by considering the visual change of the embedded three-dimensional shape model, for controlling an error, and for strongly facilitating a countermeasure to the deletion or deformation of the shape model.

SOLUTION: A three-dimensional shape converting means 1 operates a wavelet transformation processing for the data of an original model V0, and an electronic water-mark embedding means 2 embeds watermark data into a WT (wavelet) coefficient vector generated by the wavelet transformation processing, and a three-dimensional shape inverse transformation means 3 prepares the data of a three-dimensional shape model (flow model V'0) into which the water-mark data are embedded, based on the WT coefficient vector.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[JP,2000-082156,A]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An electronic intelligence data embedding method characterized by having a production process which performs wavelet transform processing to data of the original three-dimension geometric model, a production process which embeds electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector generated by said wavelet transform processing, and a production process which creates data of a three-dimension geometric model which embedded said electronic intelligence data based on a wavelet coefficient vector embedding said electronic intelligence data.

[Claim 2] A three-dimension configuration of said origin is the electronic intelligence data embedding method according to claim 1 characterized by consisting of 3 square-shape polygons which have phase structure in which 4 to 1 integration is possible.

[Claim 3] An electronic intelligence data embedding method according to claim 1 characterized by using Lazy wavelet for said wavelet transform processing to data of a three-dimension geometric model of said origin.

[Claim 4] An electronic intelligence data embedding method according to claim 1 characterized by being what characterized by providing the following A production process which chooses said wavelet coefficient vector which embeds said electronic intelligence data with a production process embedding electronic intelligence data based on vector length of said wavelet coefficient vector to said wavelet coefficient vector A production process added to a value of a segment ratio of vector length of said wavelet coefficient vector which changed and chose said electronic intelligence data as scalar quantity based on tolerance of top-most-vertices movement magnitude of an embedded three-dimension geometric model to a three-dimension geometric model of said origin, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector A production process which creates a wavelet coefficient vector based on a value of a segment ratio adding scalar quantity of said electronic intelligence data

[Claim 5] A production process which chooses said wavelet coefficient vector embedding said electronic intelligence data is the electronic intelligence data embedding method according to claim 4 characterized by performing selection based on a component of a key which consists of bit strings in addition to selection based on vector length of a wavelet coefficient vector.

[Claim 6] A production process which performs wavelet transform processing to data of a three-dimension geometric model embedding original data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model which are characterized by providing the following, respectively By wavelet transform processing

Were generated, respectively from data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model. A production process which computes a value of a segment ratio of vector length of a wavelet coefficient vector, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector, A production process which specifies said wavelet coefficient vector where said electronic intelligence data was embedded, and a three-dimension geometric model which embedded an original three-dimension geometric model and electronic intelligence data based on said specified wavelet coefficient vector A production process which computes difference of a segment ratio which corresponds, respectively A production process which extracts electronic intelligence data based on said computed difference

[Claim 7] If data of a three-dimension geometric model which consists of 3 square-shape polygons which have phase structure in which 4 to 1 integration is possible is inputted A three-dimension configuration conversion means to perform wavelet transform processing, and an electronic intelligence data embedding means which embeds electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector which this three-dimension configuration conversion means computed, Electronic intelligence data embedding equipment characterized by having a three-dimension configuration inverse transformation means to create data of a three-dimension geometric model which performed wavelet inverse transformation processing and embedded said electronic intelligence data, based on a wavelet coefficient vector embedding said electronic intelligence data.

[Claim 8] If data of an original model which is the original three-dimension configuration data is inputted An original model conversion means by which wavelet transform processing performs a multiplex resolution expression, An object model conversion means by which wavelet transform processing will perform a multiplex resolution expression if data of an object model used as a candidate for an electronic intelligence extract is inputted, An original model segment ratio calculation means to compute a value of a segment ratio of vector length of said wavelet coefficient vector generated by said original model conversion means, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector, An object model segment ratio calculation means in which segment **** of vector length of said wavelet coefficient vector generated by said object model conversion means and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector carries out value calculation, In a three-dimension geometric model which specified said wavelet coefficient vector where said electronic intelligence data was embedded, and embedded a three-dimension geometric model and electronic intelligence data based on the wavelet coefficient vector Electronic intelligence data extraction equipment characterized by having computed difference of a segment ratio which corresponds, respectively and having an electronic intelligence data extraction means to extract electronic intelligence data based on the difference.

[Claim 9] A record medium which recorded a program of an electronic intelligence data embedding method of making a computer performing making data of a three-dimension geometric model embedding said electronic intelligence data creating based on a wavelet coefficient vector which was made performing wavelet transform processing to data of the original three-dimension geometric model, was made embedding electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector generated by said wavelet transform processing, and embedded said electronic intelligence data.

[Claim 10] To data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model Made wavelet transform processing perform, respectively and were

generated, respectively from data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model. A value of a segment ratio of vector length of a wavelet coefficient vector and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector is made to compute. In a three-dimension geometric model which was made to specify said wavelet coefficient vector where said electronic intelligence data was embedded, and embedded a three-dimension geometric model and electronic intelligence data based on the wavelet coefficient vector A record medium which recorded a program of an electronic intelligence data extraction method of making a computer performing making difference of a segment ratio which corresponds, respectively computing, and making electronic intelligence data extracting based on the difference.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the method of carrying out information management of the three-dimension configuration digital model created by computer exchange three-dimension input system. It is the method of embedding electronic intelligence data as digital watermarking especially for the protection of copyrights of a three-dimension digital content etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, to the data called digital media, such as a text, an image (still picture), an animation, and voice, in order to prevent an unjust duplicate and edit, various cures are performed. Here, the cure taken against a three-dimension geometric model is considered.

[0003] There are some which add the data of copyright information to the field of the comment which a three-dimension configuration data format has, or an attribute as a method for preventing the unjust duplicate of data etc. to a three-dimension geometric model. However, since it will be immediately removed even if it uses this method, and can delete the field of a comment or an attribute easily and adds copyright information, it cannot be said as an effective method.

[0004] Then, if copyright information is embedded to digital media as watermark data which is electronic intelligence data and a certain processing is performed, there is a method copyright information enables it to extract as digital watermarking. The case where this method is used for the digital media of a three-dimension geometric model is considered.

[0005] As a method of embedding watermark data at a three-dimension geometric model, a three-dimension geometric model is constituted from a set of 3 square-shape polygon, those 3 square-shape polygons are divided into four more square shapes [three], and the method of spacing through three square shapes (three square shapes including no top-most vertices of 3 square-shape polygon) constituted in the meantime, and embedding information data (copyright information) is proposed. rather than the time of adding copyright information to the field, it boils markedly removing the copyright information embedded without affecting a three-dimension geometric model, if this method is used, and it becomes difficult.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the above 3 square-shape polygons are divided into four, and no methods of embedding data in three square shapes in the meantime are taken into consideration to a visual change of a three-dimension geometric model. Therefore, if data unrelated to

data about a configuration like watermark data is embedded in redundancy, the configuration of the model embedding watermark information data may deform into a different configuration from the configuration of an original model. Moreover, the above-mentioned method is spaced without taking into consideration the permissible dose of the difference (henceforth an error) of the coordinate of each original top-most vertices of 3 square-shape polygon of a geometric model, and the coordinate of each top-most vertices of the geometric model corresponding to it after being embedded, and embeds data. Therefore, this can also cause deformation. Furthermore, the above-mentioned method has the local field of the polygon embedding watermark data. Therefore, when deletion or deformation was performed to the configuration of the part concerned, it spaced, data was also lost and there was a trouble that it might be unable to extract to the embedded degree with which digital watermarking can fill a function (it will become that is, less dogged about deformation etc.).

[0007] It aims at the information which was made in order that this invention might solve the above troubles, could control the error in consideration of visual change of the three-dimension geometric model embedded when electronic intelligence data, such as watermark data which includes copyright information etc. in three-dimension configuration data, was embedded, and embedded deletion or deformation of a geometric model also by the carrier beam case being lost, and acquiring **** and the dogged electronic-intelligence data embedding method.

[0008]

[Means for Solving the Problem] It has an electronic intelligence data embedding method concerning this invention with a production process which performs wavelet transform processing to data of a three-dimension geometric model, a production process which embeds electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector generated by wavelet transform processing, and a production process which creates data of a three-dimension geometric model which embedded electronic intelligence data based on a wavelet coefficient vector embedding electronic intelligence data.

[0009] Moreover, the original three-dimension configuration set as the object of an electronic intelligence data embedding method concerning this invention consists of 3 square-shape polygons which have phase structure in which 4 to 1 integration is possible.

[0010] Moreover, an electronic intelligence data embedding method concerning this invention uses Lazy wavelet for the data aforementioned wavelet transform processing of a three-dimension geometric model.

[0011] With moreover, a production process which embeds electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector of an electronic intelligence data embedding method concerning this invention A production process which chooses a wavelet coefficient vector embedding electronic intelligence data based on vector length of a wavelet coefficient vector, Electronic intelligence data is changed into scalar quantity based on tolerance of top-most-vertices movement magnitude to the original three-dimension geometric model of an embedded three-dimension geometric model. A production process added to a value of a segment ratio of vector length of a selected wavelet coefficient vector, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector, Based on a segment ratio adding scalar quantity of electronic intelligence data, it has a production process which creates a wavelet coefficient vector.

[0012] Moreover, in addition to selection based on vector length of a wavelet coefficient vector, a production process which chooses a wavelet coefficient vector embedding electronic intelligence data of an electronic intelligence data embedding method concerning this invention performs selection based on a

component of a key which consists of bit strings.

[0013] Moreover, an electronic intelligence data extraction method concerning this invention By production process which performs wavelet transform processing to data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model, respectively, and wavelet transform processing Were generated, respectively from data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model. A production process which computes a segment ratio of vector length of a wavelet coefficient vector, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector, A production process which specifies a wavelet coefficient vector where electronic intelligence data was embedded, It has a production process which computes difference of a segment ratio to which a three-dimension geometric model embedding a three-dimension geometric model and electronic intelligence data of said wavelet coefficient vector which were specified corresponds, respectively, and a production process which extracts electronic intelligence data based on said computed difference.

[0014] Moreover, electronic intelligence data embedding equipment concerning this invention If data of a three-dimension geometric model which consists of 3 square-shape polygons which have phase structure in which 4 to 1 integration is possible is inputted A three-dimension configuration conversion means to perform wavelet transform processing, and an electronic intelligence data embedding means which embeds electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector which a three-dimension configuration conversion means computed, Based on a wavelet coefficient vector embedding electronic intelligence data, wavelet inverse transformation processing was performed and it has a three-dimension configuration inverse transformation means to create data of a three-dimension geometric model embedding electronic intelligence data.

[0015] Moreover, electronic intelligence data extraction equipment concerning this invention If data of an original model which is the original three-dimension configuration data is inputted An original model conversion means by which wavelet transform processing performs a multiplex resolution expression, An object model conversion means by which wavelet transform processing will perform a multiplex resolution expression if data of an object model used as a candidate for an electronic intelligence extract is inputted, An original model segment ratio calculation means to compute a segment ratio of vector length of a wavelet coefficient vector generated by original model conversion means, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector, An object model segment ratio calculation means to compute a segment ratio of vector length of a wavelet coefficient vector generated by object model conversion means, and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector, Specify a wavelet coefficient vector where electronic intelligence data was embedded, and difference of a segment ratio to which a three-dimension geometric model embedding a three-dimension geometric model and electronic intelligence data of the wavelet coefficient vector corresponds, respectively is computed. It has an electronic intelligence data extraction means to extract electronic intelligence data based on the difference.

[0016] Moreover, a record medium which recorded a program of an electronic intelligence data embedding method concerning this invention records a program which makes a computer perform making data of a three-dimension geometric model embedding electronic intelligence data create based on a wavelet coefficient vector which was made to perform wavelet transform processing to data of a three-dimension geometric model, was made to embed electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector generated

by wavelet transform processing, and embedded electronic intelligence data.

[0017] Moreover, a record medium which recorded a program of an electronic intelligence data extraction method concerning this invention To data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model Made wavelet transform processing perform, respectively and were generated, respectively from data of a three-dimension geometric model embedding data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model. A segment ratio of vector length of a wavelet coefficient vector and segment length of a segment of a low resolving model corresponding to the wavelet coefficient vector is made to compute. A wavelet coefficient vector where electronic intelligence data was embedded is made to specify. Difference of a segment ratio to which a three-dimension geometric model embedding a three-dimension geometric model and electronic intelligence data of the wavelet coefficient vector corresponds, respectively is made to compute, and a program which makes a computer perform making electronic intelligence data extract based on the difference is recorded.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Operation gestalt 1. drawing 1 is the block diagram of the system for realizing the electronic intelligence embedding method and the extract method concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. In drawing, 1 is a three-dimension configuration conversion means. About the data of an original three-dimension configuration polygon model (henceforth the original model V₀), the three-dimension configuration conversion means 1 performs wavelet transform, and performs conversion to a multiplex resolution expression. 2 is a digital-watermarking embedding means. The digital-watermarking embedding means 2 embeds the watermark data B used as digital watermarking showing copyright information etc. to the data expressed with the three-dimension configuration conversion means 1 as a multiplex resolution expression. 3 is a three-dimension configuration inverse transformation means. The three-dimension configuration inverse transformation means 3 creates the data of the three-dimension configuration polygon model (henceforth the circulation model V'₀) which performs reverse wavelet transform to data after embedding the watermark data B, and actually performs distribution etc. to it. 4 is a watermark information extract means. The watermark information extract means 4 is spaced from the model (henceforth the object model V''₀) of the object which is going to extract digital watermarking, and extracts Data B.

[0019] Drawing 2 is a block diagram showing the configuration of the digital-watermarking embedding means 2. In drawing, 2A is the segment ratio calculation section. Segment ratio calculation section 2A computes the segment ratio of the norm (vector length) of the wavelet coefficient vector (henceforth WT coefficient vector) computed by the three-dimension configuration conversion means 1, and a certain segment length. 2B is the coefficient selection section. Coefficient selection section 2B chooses WT coefficient vector embedding the watermark data B. 2C is the watermark data embedding section. Watermark data embedding section 2C embeds watermark data to the segment ratio of WT coefficient vector which coefficient selection section 2B chose, and a certain segment length. 2D is the coefficient vector creation section. Based on the segment ratio after embedding, WT coefficient vector is created anew.

[0020] Drawing 3 is a block diagram showing the configuration of the watermark information extract means 4. In drawing, 4A is an original model transducer. Original model transducer 4A is the original model V₀ like the three-dimension configuration conversion means 1. About data, wavelet transform is performed and a multiplex resolution expression is performed. 4B is an object model transducer. Object

model transducer 4B is also the object model V⁰. About data, wavelet transform is performed and a multiplex resolution expression is performed. 4C is the original model segment ratio calculation section. Original model segment ratio calculation section 4C computes the ratio of WT coefficient vector which original model transducer 4A computed, and a certain segment length like segment ratio calculation section 2A. 4D is the object model segment ratio calculation section. Object model segment ratio calculation section 4D also computes the ratio of WT coefficient vector which object model transducer 4B computed, and a certain segment length. 4E is the watermark data extraction section. Original model segment ratio calculation section 4C and object model segment ratio calculation section 4D extract the watermark data B based on the ratio computed, respectively.

[0021] Drawing 4 is the block diagram of the system in which the I/O configuration of this invention is shown. In drawing, 401 is command analysis / processing section. It connects with an indicating equipment 406, a mouse 407, and a keyboard 408 through I / O unit 405, and command analysis / processing section 401 performs the analysis and processing of the command inputted. Moreover, based on the data of a three-dimension configuration, display processing of the three-dimension configuration to an indicating equipment 406 is performed, or display processing of digital watermarking is performed based on the watermark data B. 402 is the geometric processing section. The geometric processing section 402 is a portion which actually spaces through a three-dimension original geometric model, embeds Data B or extracts the watermark data B based on how to embed the gestalt of this operation, or the extract method. 403 is the storage processing section. The storage processing section 203 is the original model V⁰ to the graphic form storage region 404. Processing for memorizing the data of the three-dimension geometric model embedding data or the watermark data B etc. is performed. 405 is a I / O unit. I / O unit 405 is a portion used as an interface with the portion and indicating equipment 406 which were built by command analysis / processing section 401, the geometric processing section 402, the storage processing section 403, and the graphic form information storage field 404, a mouse 407, and a keyboard 408.

[0022] Drawing 5 is the block diagram of the computing system in the case of actually carrying out the hard configuration of the system of drawing 4. The electronic intelligence data of the gestalt of this operation will be embedded, or the method which has extracted enough and is carried out will be processed in fact based on the program for performing embedding or an extract on the computer which has CPU. It is constituted from drawing 5 by the computing system which connected a central computer 501, main storage 502, an input/output control unit 503, a mouse 407, a keyboard 408, external storage 504, and an indicating equipment 406 by the system bus 505. Moreover, it may consist of computing systems which are similar to this.

[0023] The gestalt of this operation is based on wavelet transform, and is the original model V⁰. The watermark data B is embedded changing data into the data of a multiplex resolution expression, computing a segment ratio with the segment length set corresponding to the norm and WT coefficient vector of WT coefficient vector generated by the conversion, and taking a permissible dose with error into consideration to the segment ratio. Based on the segment ratio embedded and created, WT coefficient vector is created anew, reverse wavelet transform is given by the WT coefficient vector, and it is the circulation model V⁰. It creates by carrying out. Since embedding is performed to a segment ratio, resistance can be maintained also to affine transformation, such as enlarging or contracting (uniform scaling) of the whole configuration.

[0024] Moreover, when extracting the watermark data B, to the object model V⁰ (or for example, what is

the same as that of the circulation model V'0, or thing which performed deletion, deformation, etc. to the circulation model V'0), wavelet transform is performed and a segment ratio is computed, and it is the original model V0. Difference with a segment ratio is computed. this difference -- it is the thing which was embedded to WT coefficient vector based on the value and which spaces, extracts Data B and displays as digital watermarking.

[0025] Next, how to embed electronic intelligence data is explained based on the above-mentioned drawing. To the three-dimension configuration conversion means 1 from storage processing section 403 grade, it is the original model V0. Data is inputted. The maximum level d which performs a resolution expression is defined in that case. Here, for an original model, the number of pages of 3 square-shape polygon is 4d. It becomes conditions to have the phase structure to which a clear-cut solution can be given. This is for performing 4 to 1 integrated processing of 3 square-shape polygon using wavelet transform, as shown later. Here, it is the original model V0. Data is data which expressed the coordinate value of for example, each top-most vertices, and the relation (with which three coordinate values are the top-most vertices of 3 square-shape polygon formed?) of the coordinate value in procession.

[0026] The three-dimension configuration conversion means 1 performs 4 to 1 integrated processing of 3 square-shape polygon using wavelet transform. 4 to 1 integrated processing is processing which approximates four adjoining 3 square-shape polygons to one 3 square-shape polygon, and unifies them.

[0027] Drawing 6 is drawing showing 4 to 1 integration of 3 square-shape polygon by wavelet transform. The three-dimension configuration conversion means 1 is the original model V0 by 4 to 1 integrated processing. Four upper 3 square-shape polygons are approximated to one flatter square shapes [three]. This portion expresses the low-frequency component of a geometric model. Moreover, the irregularity of the four original 3 square-shape polygons is lost by approximating four 3 square-shape polygons as one flat 3 square-shape polygon. This lost irregularity is expressed as a WT coefficient vector. Therefore, WT coefficient vector expresses the high frequency component of a geometric model. Thus, wavelet transform can separate the frequency component of a geometric model. Here, the portion with large WT coefficient magnitude of a vector which is a high frequency component expresses a portion with intense irregularity and boom hoisting with a fine configuration. Even if some change has arisen into such a portion, human being's vision has little effect. A part for a radio-frequency head is convenient as a portion embedding watermark data at the point. In that it is easy to perform evaluation of the magnitude of a high-frequency component in order to embed watermark data, wavelet transform is suitable for the embedding of watermark data.

[0028] By 4 to 1 integrated processing, it is the original model V0. Low resolving level is resembled and the details section lost on that occasion is expressed as a WT coefficient vector. This is performed to the maximum level d. Here, wavelet transform of a three-dimension polygon geometric model is performed by a degree type (1) and (2). Here, it is V_j . It is a matrix showing the model in the resolution level j. Moreover, A_{j+1} It is an analysis filter for computing approximation V_{j+1} (low-frequency component) to low resolving level. Furthermore, B_{j+1} V_{j+1} V_j lost on the occasion of approximation It is an analysis filter for computing WT coefficient vector W_{j+1} (high frequency component) which has the details section.

$$V_{j+1} = A_{j+1} V_j \quad (1)$$

$$W_{j+1} = B_{j+1} V_j \quad (2)$$

[0029] Drawing 7 is drawing showing the multiplex resolution expression of a three-dimension polygon model. Wavelet inverse transformation is expressed with a degree type (3). Here, it is P_{j+1} . V_{j+1} It is the

reconstruction filter which makes the new middle point between the top-most vertices of three square shapes. Moreover, Q_{j+1} It is a reconstruction filter for amending to the original top-most-vertices location in which the model of the resolution had the location of the new middle point.

$$V_j = P_j + 1 \quad V_{j+1} + Q_{j+1} \quad W_{j+1} \quad \dots \quad (3)$$

[0030] When Lazy wavelet is used, 4 to 1 **** of WT coefficient vectors turns into a vector which makes an end point the top-most vertices not appearing, and makes the starting point the middle point of a segment to which two top-most vertices (2 of three top-most vertices of 3 square-shape polygon after integrated processing was carried out) which remained also with the low resolution which adjoins the top-most vertices are connected with a low resolution, when carried out.

[0031] By 4 to 1 integrated processing, it is the low resolving approximation model V_d at least. The data of the multiplex resolution expression which has WT coefficient vector and the segment length of each resolving level in a list is transmitted to the digital-watermarking embedding means 2. Moreover, the watermark data B which consisted of sets of the number k of bit strings is inputted into the digital-watermarking embedding means 2. Moreover, the error permissible dose ϵ of the whole model which an operator specifies in that case is defined.

[0032] Drawing 8 is drawing showing two segment length set as the object of the segment ratio which segment ratio calculation section 2A computes. Here, i expresses the index of top-most vertices. Segment ratio calculation section 2A is the segment length l_{ij} of a segment which connects two top-most vertices which remained on low resolving level to norm $\|w_{ij}\|$ of WT coefficient vector about an original model. A segment ratio is computed. It is α_{ij} about a segment ratio. It is expressed with a degree type (4) when it carries out.

$$\alpha_{ij} = \|w_{ij}\| / l_{ij} \quad \dots \quad (4)$$

[0033] Here, it is segment ratio α_{ij} of an original model. The coordinate of the top-most vertices of low resolution level where computing adjoins the coordinate (that is, coordinate generated when it becomes 1 level high resolving) of the top-most vertices newly generated by reverse wavelet transform after watermark information was embedded is because the gap has arisen between the coordinates of the top-most vertices where an original model corresponds. Even if it computes a segment ratio with the segment which connects top-most vertices including a gap, it is impossible to space using the segment ratio of an original model and to extract information data. In order to extract watermark information data, the segment ratio before embedding the watermark data B must be equal to the segment ratio to which an original model corresponds. Therefore, the thing of an original model is used for a segment ratio. Thus, since embedding is performed based on the norm of WT coefficient vector, resistance can be given also to rigid-body conversion. Moreover, resistance can be given to a uniform scaling etc. by spacing a segment ratio and using for the embedding of Data B . Therefore, dogged digital watermarking can be embedded.

[0034] On the other hand, coefficient selection section 2B chooses WT coefficient vector embedding the watermark data B . This is because it is thought that there is little effect which it has on human being's vision, although boom hoisting of change of a geometric model spaces through an intense (that is, the norm of WT coefficient vector is large) portion and embeds Data B as mentioned above. Moreover, the key in the case of an extract will be embedded here, and Key C will be used. The embedding key C is a random bit string like $C = (1011001 \dots)$.

[0035] First, it embeds with each WT coefficient vector, and each component of Key C is made to

correspond. And the component of 1 of the embedding key C and corresponding WT coefficient vector are taken out. To taken-out WT coefficient vector, norm $||w_i j||$ of WT coefficient vector is computed, and bigger WT coefficient vector than criteria with a norm is chosen as a WT coefficient vector which performs embedding. As a certain criteria, the value of the embedding minimum extract criteria theta is adopted here, and WT coefficient vector with which $||w_i j|| > \theta$ is filled is chosen. Thus, the watermark data B is embedded to selected WT coefficient vector.

[0036] the case where the Rey Gee (Lazy) wavelet is used here -- the maximum allowable error delta of WT coefficient vector, and the maximum level d -- original model V0 the maximum of the top-most-vertices movement magnitude of the three-dimension geometric model (circulation model V'0), to which receiving embedding was performed -- deltaMAX ** -- if it carries out -- deltaMAX It is expressed with a degree type (5).

$$\text{deltaMAX} = (d+1), \text{delta}/2 \text{ -- (5)}$$

[0037] Since the error permissible dose epsilon of the whole configuration specified by an operator should just fill deltaMAX $\leq \epsilon$, if it expresses the maximum allowable error delta over WT coefficient vector using this, it will become like a degree type (6). (6) Compute the maximum allowable error delta of WT coefficient vector from a formula. It considers as the maximum allowable-error value which produces the value of this delta by the watermark data embedding of WT coefficient vector.

$$\text{delta} = 2\epsilon / (d+1) \text{ -- (6)}$$

[0038] Watermark data embedding section 2C performs embedding of the watermark data B to segment ratio $\alpha_{i,j}$ of selected WT coefficient vector. Embedding of the watermark data B is performed as follows. (6) By the formula, from the maximum of the maximum allowable error delta produced by the embedding of each top-most vertices being restricted, it can space to the same order to all selected WT coefficient vectors, and Data B can be embedded. It is 10^p about norm $||w_i j||$ of WT coefficient vector. It is 10^r about order (for example, $||w_i j|| = 0.021$ if it becomes $p = -2$) and the maximum allowable error delta. It is 10^q about the lower limit μ of change of the norm of WT coefficient vector produced by order (for example, $\text{delta} = 0.000052$ if it becomes $r = -5$) and embedding. It considers as order (for example, $\mu = 0.000000071$ if it becomes $q = -8$). It is $p > r > q$ here. Segment ratio $\alpha_{i,j}$ 10^s If it is order, change of the vector length by the watermark data B embedded is segment ratio $\alpha_{i,j}$. By the receiving order, it is $10^{r+p+s} \cdot 10^{q+p+s}$. It becomes a requirement that it is within the limits of order. This is 10^p . The watermark data B embedded is $10^r \cdot 10^q$ to $||w_i j||$ of order. It is because it has the relation of being in the range of order. It is 10^s about this. Segment ratio $\alpha_{i,j}$ which is order When it is made to correspond, it is $l_{i,j}$ from (4) types. 10^{p-s} Since it becomes order, it is segment ratio $\alpha_{i,j}$. It receives and is $10^{r+p+s} \cdot 10^{q+p+s}$. It is needed that it is within the limits of order. Moreover, since the coordinate value of each top-most vertices of 3 square-shape polygon would be operated by the embedding of the watermark data B, the lower limit μ of the watermark data B was set up for a possibility of being contained in a calculation error not using near [large] the least significant bit.

[0039] in order to embed the k bits ($k \leq r \cdot q$) bit string (b_1, \dots, b_k) of the watermark data B at a segment ratio -- a degree type (7) -- a bit string -- scalar quantity $\beta_{i,j}$ ***** -- computing -- a degree type (8) -- like -- $\alpha_{i,j}$ It adds. About the segment ratio where the watermark data B is not embedded, it is scalar quantity $\beta_{i,j} = 0$.

$$\beta_{i,j} = b_1 \times 10^{r+p+s} + b_2 \times 10^{r+p+s-1} + \dots + b_k \times 10^{r+p+s-k+1} \text{ -- (7)}$$

[0040]

[Equation 1]

$$\hat{\alpha}_i^j = \alpha_i^j + \beta_i^j \quad \dots (8)$$

[0041] Coefficient vector creation section 2D creates WT coefficient vector which newly embedded the watermark data B by the degree type (9) based on the segment ratio computed by (8) types.

[0042]

[Equation 2]

$$\hat{w}_i^j = (\hat{\alpha}_i^j \ l_i^j) \frac{w_i^j}{\|w_i^j\|} = \frac{\hat{\alpha}_i^j}{\alpha_i^j} w_i^j \quad \dots (9)$$

[0043] The three-dimension configuration inverse transformation means 3 performs reverse wavelet transform about WT coefficient vector created by coefficient vector creation section 2D. Reverse wavelet transform is expressed with a formula (2) and the degree type (10) which has the same relation.

[0044]

[Equation 3]

[0045] Next, based on drawing 1 and drawing 3, the extract method of digital watermarking by the watermark information extract means 4 is explained. object model V"0 from -- a digital watermarking extract -- original model V0 It is needed. Like the three-dimension configuration deformation means 1, original model transducer 4A is based on (1) type and (2) types, and is the original model V0. 4 to 1 integrated processing of data performs a multiplex resolution expression. Moreover, it is the object model V"0 also about object model transducer 4B. 4 to 1 integrated processing of data is performed.

[0046] Original model segment ratio calculation section 4C will compute the segment ratio in an original model like segment ratio calculation section 2A based on (4) types, if the data (here WT coefficient vector w_i^j and segment length (l_i^j)) of a multiplex resolution expression is transmitted from original model transducer 4A. Moreover, object model segment ratio calculation section 4D as well as segment ratio calculation section 2A computes the segment ratio in an object model based on (4) types.

[0047] Watermark information extract section 4E specifies WT coefficient vector chosen by coefficient selection section 2B based on the maximum allowable error delta computed by the embedding key C and the error permissible dose epsilon. Even if this is WT coefficient vector where it spaced through, without being chosen as a WT coefficient vector which spaces at the time of embedding and embeds Data B even if, and data was not embedded, it is processes, such as inverse transformation, and is because top-most vertices may shift under the effect of embedded, the segment length l_i^j may change and the segment ratio turns into [stop / *****] the same segment ratio as an original model. Therefore, the thing and segment length l_i^j which difference produced between segment ratios by embedding It is necessary to distinguish what difference produced between segment ratios, and to specify selected WT coefficient vector by changing.

[0048] the segment ratio which original model segment ratio calculation section 4C computed in the WT coefficient vector when WT coefficient vector was specified, and the segment ratio which object model segment ratio calculation section 4D computed -- respectively -- corresponding -- although -- difference -- computing . This difference is scalar quantity $\beta_{i,j}$. It expresses. The order for which embedding was

performed is computable with the data of a multiplex resolution expression of the error permissible dose epsilon, the number k of bit strings, and an original model. Then, based on (7) types, the bit string (b_1, \dots, b_k) of the watermark data B is computed. A repeat and the watermark data B are extracted for this. Based on the extracted watermark data B , digital watermarking is displayed on a display 406.

[0049] Drawing 9 is drawing showing the operating environment of how to embed the watermark data of the gestalt of this operation, and the extract method. Embedding of the watermark data B is performed changing the error permissible dose epsilon. At epsilon = 0.01, it is the original model V_0 . It is in the condition that it cannot distinguish. An operator is a repeat deed and the circulation model V_0 about embedding processing of the watermark data B , changing each parameter until it judges that it can distribute as a circulation model V_0 . It creates. Circulation model V_0 It is variously convertible with affine transformation, such as rigid-body conversion and a scaling, etc. object model V_0 set as the extract object of digital watermarking even if it performs such conversion from -- the watermark data B can be extracted and digital watermarking can be displayed.

[0050] According to the gestalt of the 1st operation, as mentioned above the three-dimension configuration conversion means 1 Original model V_0 with the phase structure in which 4 to 1 integration is possible of 3 square-shape polygon Perform wavelet transform processing to data and it considers as the data of a multiplex resolution expression. The digital-watermarking embedding means 2 spaces through WT coefficient vector as which change of the configuration of a three-dimension geometric model expresses an intense portion, and embeds data. Since the three-dimension configuration inverse transformation means 3 created the data of the three-dimension geometric model embedding watermark data, it can space without hardly being influenced of a visual change, and can embed data. Moreover, since it becomes possible to space broadly and to embed data by spacing through WT coefficient of low resolving and embedding data, resistance can be given to local deletion, rigid-body deformation, affine transformation, etc., and dogged digital watermarking can be obtained. Segment ratio calculation section 2A of the digital-watermarking embedding means 2 moreover, about an original model Segment length l_{ij} of a segment which connects two top-most vertices which remained on low resolving level to norm $\|w_i\|$ of WT coefficient vector Segment ratio α_{ij} It computes. Coefficient selection section 2B chooses WT coefficient vector embedding watermark data. Watermark data embedding section 2C is based on the error permissible dose epsilon, and it is scalar quantity β_{aij} about the watermark data of a bit string. It changes and is segment ratio α_{ij} . Since it adds and new WT coefficient vector was created The top-most-vertices movement magnitude after embedding watermark data can be controlled, and control in suitable within the limits can be performed. Therefore, watermark data can be embedded, without being influenced [most] of a visual change of a three-dimension geometric model. Moreover, since the embedding key C of a random bit string is used for selection of WT coefficient vector, only the holder of the embedding key C can space, data can also be extracted, and it is useful to security, security, etc. By constituting an original model from a 3 square-shape polygon with the phase structure in which 4 to 1 integration is possible, it becomes easy to perform a multiplex resolution expression using wavelet transform.

[0051] Original model transducer 4A of the watermark data extraction means 4 and object model transducer 4B furthermore, by wavelet transform The data of each model is changed into the data of a multiplex resolution expression. By original model segment ratio calculation section 4C and object model segment ratio calculation section 4D Compute the segment ratio based on each WT coefficient vector, and

watermark data extraction section 4E specifies WT coefficient vector to which embedding was carried out based on an allowable error epsilon, the embedding key C, etc., and computes the difference of the WT coefficient vector. Since the watermark data of a bit string is extracted from each WT coefficient vector and the watermark data as the whole was extracted, the embedded electronic intelligence data can be extracted efficiently.

[0052] Although it was operation gestalt 2. and Lazy wavelet was used [which performs wavelet transform] in the gestalt of the 1st operation of a ****, this invention is not limited to it and can apply other wavelet, such as spherical-surface wavelet and k-disk wavelet. However, 4 to 1 **** of WT coefficient vectors is expressed in Lazy wavelet by low resolving level as a vector which makes an end point the top-most vertices not appearing, and makes the starting point the middle point of a segment to which two top-most vertices (2 of three top-most vertices of 3 square-shape polygon after being unified) which remained on the low resolving level which adjoins the top-most vertices are connected, when carried out. For this reason, the geometric semantics (details display of the high resolving portion lost by making it low resolving) which WT coefficient vector has is clear. Compared with it, it is hard coming to understand the semantics of WT coefficient vector in other wavelet intuitively. Moreover, for this reason, it is deltaMAX about the maximum of top-most-vertices movement magnitude. Error control becomes impossible using [(5) types showing relation with the maximum allowable error delta]. Therefore, another formula needs to be used for the portions of (5) types and (6) types to use other wavelet.

[0053] Although embedding was performed with the gestalt of the operation gestalt 3. above-mentioned operation using one watermark data, it is also possible for it not to be limited to this in this invention, and to perform embedding within the limits of an error using two or more watermark data.

[0054] With the gestalt of the operation gestalt 4. above-mentioned operation, although it embedded at selection of WT coefficient vector and Key C was used, this is used in order to raise security and is not surely required for selection. Therefore, even if it does not use the embedding key C, WT coefficient vector can be chosen.

[0055]

[Effect of the Invention] Since the data of the three-dimension geometric model which performed wavelet transform processing to the data of a three-dimension geometric model, embedded electronic intelligence data to the wavelet coefficient vector from which change of the configuration of a three-dimension geometric model serves as an intense portion, and embedded electronic intelligence data was created as mentioned above according to this invention, electronic intelligence data can be embedded without hardly being influenced of a visual change. Since it becomes possible to embed electronic intelligence data globally by embedding for the wavelet coefficient of low resolving, resistance can be given to local deletion, deformation, etc. and electronic intelligence, such as dogged digital watermarking, can be acquired.

[0056] Moreover, since it constitutes from a 3 square-shape polygon with the phase structure which can unify [4 to 1] the original three-dimension configuration according to this invention, it becomes easy to perform a multiplex resolution expression using wavelet transform.

[0057] Moreover, according to this invention, since Lazy wavelet was used for wavelet transform processing, control of the movement magnitude of the top-most vertices of the three-dimension geometric model by electronic intelligence data embedding can be performed based on a simple formula.

[0058] Moreover, in case electronic intelligence data is embedded according to this invention, the wavelet coefficient vector embedding electronic intelligence data is chosen. Since the wavelet coefficient vector

which changed electronic intelligence data into scalar quantity based on the tolerance of top-most-vertices movement magnitude, added to the value of a segment ratio, and embedded electronic intelligence data based on the segment ratio was created The top-most-vertices movement magnitude after embedding electronic intelligence data can be controlled, and control in suitable within the limits can be performed. Therefore, electronic intelligence data can be embedded, without being influenced [most] of a visual change of a three-dimension geometric model.

[0059] Moreover, since it was made to perform selection based on the component of the key constituted from a bit string by selection of the wavelet coefficient vector embedding electronic intelligence data according to this invention, by defining a key at random, only the holder of a key can also extract electronic intelligence data and is useful to security, security, etc.

[0060] According to this invention, to moreover, the data of the three-dimension geometric model embedding the data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model Perform wavelet transform processing, respectively, compute the value of each segment ratio, and the wavelet coefficient vector where electronic intelligence data was embedded is specified. Since the difference of the value of a segment ratio is computed and electronic intelligence data was extracted to the wavelet coefficient vector, wavelet transform processing can extract the embedded electronic intelligence data efficiently.

[0061] Moreover, according to this invention, wavelet transform of the data of a three-dimension geometric model with which a three-dimension configuration conversion means consists of 3 square-shape polygons which have the phase structure in which 4 to 1 integration is possible is carried out. An electronic intelligence data embedding means embeds electronic intelligence data to a wavelet coefficient vector. Since the data of a three-dimension geometric model with which the three-dimension configuration inverse transformation means performed wavelet inverse transformation processing for the wavelet coefficient embedding electronic intelligence data, and embedded electronic intelligence data was created Although it becomes conditions that it is 3 square-shape polygon in which a three-dimension geometric model has the phase structure in which 4 to 1 integration is possible, the dogged electronic intelligence which is hardly influenced of a visual change and which moreover gave resistance to local deletion, deformation, etc. can be acquired.

[0062] Moreover, according to this invention, an original model conversion means carries out wavelet transform of the original three-dimension configuration data. Moreover, carry out wavelet transform of the data of the object model with which an object model conversion means serves as a candidate for an electronic intelligence extract, and an original model segment ratio calculation means and an object model segment ratio calculation means compute a segment ratio, respectively. An electronic intelligence data extraction means specifies the wavelet coefficient vector where electronic intelligence data was embedded. Since the difference of the value of the segment ratio to which the three-dimension geometric model embedding the three-dimension geometric model and electronic intelligence data of the wavelet coefficient vector corresponds, respectively is computed and electronic intelligence data was extracted based on the difference Wavelet transform processing can extract the embedded electronic intelligence data efficiently.

[0063] Moreover, since the record medium of this invention is recording the program which a computer is made to execute so that the data of the three-dimension geometric model which was made to perform wavelet transform processing to the data of a three-dimension geometric model, was made to embed

electronic intelligence data to the wavelet coefficient vector from which change of the configuration of a three-dimension geometric model serves as an intense portion, and embedded electronic intelligence data may be made to create, it can embed electronic intelligence data, without hardly being influenced of a visual change. And since the embedded electronic intelligence data becomes what gave resistance to local deletion, deformation, etc., electronic intelligence, such as dogged digital watermarking, can be acquired. [0064] The record medium of this invention to moreover, the data of the three-dimension geometric model embedding the data and electronic intelligence data of a three-dimension geometric model Make wavelet transform processing perform, respectively and each segment ratio is made to compute. The wavelet coefficient vector where electronic intelligence data was embedded is made to specify. Since the program which a computer is made to execute is recorded so that the difference of a segment ratio value may be made to compute and electronic intelligence data may be made to extract to the wavelet coefficient vector By making wavelet transform processing perform, the embedded electronic intelligence data can be extracted efficiently.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the system for realizing the electronic intelligence embedding method and the extract method concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is a block diagram showing the configuration of the watermark information embedding means 2.

[Drawing 3] It is a block diagram showing the configuration of the watermark information extract means 4.

[Drawing 4] It is the block diagram of the system in which the I/O configuration of this invention is shown.

[Drawing 5] It is a block diagram in the case of actually carrying out the hard configuration of the system of drawing 4 .

[Drawing 6] It is drawing showing 4 to 1 integration of 3 square-shape polygon by wavelet transform.

[Drawing 7] It is drawing showing the multiplex resolution expression of a three-dimension polygon model.

[Drawing 8] It is drawing showing two segment length set as the object of the segment ratio which segment ratio calculation section 2A computes.

[Drawing 9] It is drawing showing an operating environment.

[Description of Notations]

1 Three-Dimension Configuration Conversion Means

2 Digital-Watermarking Embedding Means

2A Segment ratio calculation section

2B Coefficient selection section

2C Watermark data embedding section

2D Coefficient vector creation section

3 Three-Dimension Configuration Inverse Transformation Means

4 Watermark Information Extract Means

4A Original model transducer

4B Object model transducer

4C Original model segment ratio calculation section

4D Object model segment ratio calculation section

4E Watermark information extract section

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-82156

(P2000-82156A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

フォーマット (参考)

G 0 6 T 17/00

G 0 6 F 15/62

3 5 0 A 5 B 0 5 0

G 0 9 C 5/00

G 0 9 C 5/00

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-250980

(22) 出願日 平成10年9月4日 (1998.9.4)

(71) 出願人 597039238

金井 理

札幌市北区北7条西9丁目15番 中央第二
公務員宿舍5-202

(71) 出願人 591057256

株式会社エヌ・ケー・エクサ

神奈川県川崎市幸区堀川町580番地

(72) 発明者 金井 理

札幌市北区北7条西9丁目15番 中央第二
公務員宿舍5-202

(74) 代理人 100061273

弁理士 佐々木 宗治 (外3名)

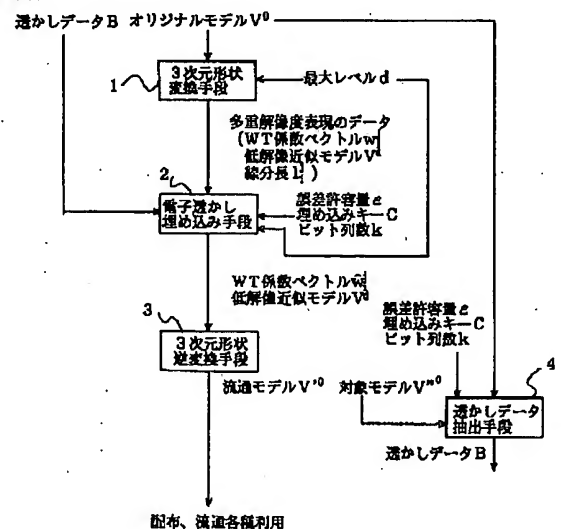
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子情報データ埋め込み方法及び抽出方法並びに電子情報データ埋め込み装置及び抽出装置、並びに前記方法のプログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 3次元形状データに、著作権情報等を含む電子情報データを埋め込む場合に、埋め込んだ3次元形状モデルの視覚的变化を考慮し、誤差の制御を行うことができ、また形状モデルの削除又は変形を受けた場合に頑強な電子情報データ埋め込み方法等を得る。

【解決手段】 3次元形状変換手段1が、オリジナルモデル V^0 のデータにウェーブレット変換処理を行い、電子透かし埋め込み手段2が、ウェーブレット変換処理により生成されるWT係数ベクトルに透かしデータを埋め込んで、そのWT係数ベクトルに基づいて、3次元形状逆変換手段3が、透かしデータを埋め込んだ3次元形状モデル（流通モデル V'^0 ）のデータを作成する。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 元の3次元形状モデルのデータにウェーブレット変換処理を行う工程と、
前記ウェーブレット変換処理により生成されるウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込む工程と、

前記電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルに基づいて、前記電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成する工程とを有することを特徴とする電子情報データ埋め込み方法。

【請求項2】 前記元の3次元形状は、4対1統合可能な位相構造を有する3角形ポリゴンで構成されることを特徴とする請求項1記載の電子情報データ埋め込み方法。

【請求項3】 前記元の3次元形状モデルのデータへの前記ウェーブレット変換処理に、Lazyウェーブレットを用いることを特徴とする請求項1記載の電子情報データ埋め込み方法。

【請求項4】 前記ウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込む工程とは、
前記ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長に基づいて、前記電子情報データを埋め込む前記ウェーブレット係数ベクトルを選択する工程と、
前記元の3次元形状モデルに対する埋め込んだ3次元形状モデルの頂点移動量の許容範囲に基づいて前記電子情報データをスカラー量に変換し、選択した前記ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比の値に加算する工程と、
前記電子情報データのスカラー量を加算した線分比の値に基づいて、ウェーブレット係数ベクトルを作成する工程とを有するものであることを特徴とする請求項1記載の電子情報データ埋め込み方法。

【請求項5】 前記電子情報データを埋め込む前記ウェーブレット係数ベクトルを選択する工程は、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長に基づいた選択に加え、ビット列で構成されるキーの成分に基づいた選択を行うことを特徴とする請求項4記載の電子情報データ埋め込み方法。

【請求項6】 元の3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータに、それぞれウェーブレット変換処理を行う工程と、ウェーブレット変換処理により、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータからそれぞれ生成された、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比の値を算出する工程と、
前記電子情報データが埋め込まれた前記ウェーブレット係数ベクトルを特定する工程と、

2

特定した前記ウェーブレット係数ベクトルに基づいて、元の3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルにおいて、それぞれ対応する線分比の差分を算出する工程と、
算出した前記差分に基づいて電子情報データを抽出する工程とを有することを特徴とする電子情報データ抽出方法。

【請求項7】 4対1統合可能な位相構造を有する3角形ポリゴンで構成される3次元形状モデルのデータが入力されると、ウェーブレット変換処理を行う3次元形状変換手段と、

該3次元形状変換手段が算出したウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込む電子情報データ埋め込み手段と、

前記電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルに基づいて、ウェーブレット逆変換処理を行い、前記電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成する3次元形状逆変換手段とを備えたことを特徴とする電子情報データ埋め込み装置。

【請求項8】 元の3次元形状データであるオリジナルモデルのデータが入力されると、ウェーブレット変換処理により多重解像度表現を行うオリジナルモデル変換手段と、

電子情報抽出対象となる対象モデルのデータが入力されると、ウェーブレット変換処理により多重解像度表現を行う対象モデル変換手段と、

前記オリジナルモデル変換手段により生成された前記ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比の値を算出するオリジナルモデル線分比算出手段と、

前記対象モデル変換手段により生成された前記ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比の値を算出する対象モデル線分比算出手段と、
前記電子情報データが埋め込まれた前記ウェーブレット係数ベクトルを特定し、そのウェーブレット係数ベクトルに基づいて、3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルにおいて、それぞれ対応する線分比の差分を算出して、その差分に基づいて電子情報データを抽出する電子情報データ抽出手段とを備えたことを特徴とする電子情報データ抽出装置。

【請求項9】 元の3次元形状モデルのデータにウェーブレット変換処理を行わせ、

前記ウェーブレット変換処理により生成されるウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込ませ、
前記電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルに基づいて、前記電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成させることをコンピュータに実行させる電子情報データ埋め込み方法のプログラ

3

ムを記録した記録媒体。

【請求項10】 3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータに、それぞれウェーブレット変換処理を行わせ、

3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータからそれぞれ生成された、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比の値を算出させ、

前記電子情報データが埋め込まれた前記ウェーブレット係数ベクトルを特定させ、そのウェーブレット係数ベクトルに基づき、3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルにおいて、それぞれ対応する線分比の差分を算出させて、その差分に基づいて電子情報データを抽出させることをコンピュータに実行させる電子情報データ抽出方法のプログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンピュータ支援3次元入力システムで作成された3次元形状デジタルモデルを情報管理する方法に関するものである。特に3次元デジタルコンテンツの著作権保護等のために、電子情報データを電子透かしとして埋め込む方法である。

【0002】

【従来の技術】近年、テキスト、イメージ（静止画）、動画、音声等のデジタルメディアと呼ばれるデータに対し、不正な複製や編集を防止するために様々な対策が行われている。ここでは、3次元形状モデルに施される対策について考える。

【0003】3次元形状モデルに対して、データの不正な複製等を防止するための方法としては、3次元形状データフォーマットが有するコメントや属性のフィールドに著作権情報のデータを付加するものがある。しかし、この方法を用いたとしても、コメントや属性のフィールドは容易に削除することができ、著作権情報を付加してもすぐに取り除かれてしまうので、有効な方法とはいえない。

【0004】そこで、著作権情報を、電子情報データである透かしデータとしてデジタルメディアに埋め込み、ある処理を施せば、著作権情報が電子透かしとして抽出できるようにする方法がある。この方法を3次元形状モデルのデジタルメディアに利用する場合について考える。

【0005】透かしデータを3次元形状モデルに埋め込む方法として、3次元形状モデルを3角形ポリゴンの集合で構成し、それらの3角形ポリゴンをさらに4つの3角形に分割して、その間に構成される3角形（どの3角形ポリゴンの頂点も含まない3角形）に透かし情報データ（著作権情報）を埋め込む方法が提案されている。こ

(3)

4

の方法を用いると、3次元形状モデルに影響を与えずに埋め込まれた著作権情報を取り除くのは、フィールドに著作権情報を付加したときよりも格段に難しくなる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のような3角形ポリゴンを4つに分割し、その間の3角形にデータを埋め込むという方法は、3次元形状モデルの視覚的な変化に対しては何も考慮されていない。したがって、透かしデータのような、形状に関するデータとは無関係のデータを冗長的に埋め込むと、透かし情報データを埋め込んだモデルの形状は、オリジナルモデルの形状とは異なる形状に変形してしまう可能性がある。また、上記の方法は、オリジナルの形状モデルの3角形ポリゴンの各頂点の座標と、それに対応した埋め込まれた後の形状モデルの各頂点の座標との差（以下、誤差という）の許容量を考慮せずに透かしデータを埋め込む。したがって、これも変形の原因となりうる。さらに、上記の方法は、透かしデータを埋め込むポリゴンの領域が局所的である。したがって、当該箇所の形状に対して削除又は変形が施された場合には、埋め込んだ透かしデータも失われ、電子透かしが機能を満たせる程度に抽出できない可能性がある（つまり、変形等に関して頑強ではなくなってしまう）という問題点があった。

【0007】本発明は上記のような問題点を解決するためになされたものであり、3次元形状データに、著作権情報等を含む透かしデータ等の電子情報データを埋め込む場合に、埋め込んだ3次元形状モデルの視覚的な変化を考慮し、誤差の制御を行うことができ、また形状モデルの削除又は変形を受けた場合でも、埋め込んだ情報が失われず、頑強な電子情報データ埋め込み方法を得ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る電子情報データ埋め込み方法は、3次元形状モデルのデータにウェーブレット変換処理を行う工程と、ウェーブレット変換処理により生成されるウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込む工程と、電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルに基づいて、電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成する工程と有している。

【0009】また、本発明に係る電子情報データ埋め込み方法の対象となる元の3次元形状は、4対1統合可能な位相構造を有する3角形ポリゴンで構成する。

【0010】また、本発明に係る電子情報データ埋め込み方法は、3次元形状モデルのデータ前記ウェーブレット変換処理に、Lazyウェーブレットを用いる。

【0011】また、本発明に係る電子情報データ埋め込み方法のウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込む工程とは、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長に基づいて、電子情報データを埋め込むウェー

50

(4)

5

ブレット係数ベクトルを選択する工程と、埋め込んだ3次元形状モデルの、元の3次元形状モデルに対する頂点移動量の許容範囲に基づいて電子情報データをスカラー量に変換し、選択したウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比の値に加算する工程と、電子情報データのスカラー量を加算した線分比に基づいて、ウェーブレット係数ベクトルを作成する工程とを有するものである。

【0012】また、本発明に係る電子情報データ埋め込み方法の電子情報データを埋め込むウェーブレット係数ベクトルを選択する工程は、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長に基づいた選択に加え、ビット列で構成されるキーの成分に基づいた選択を行う。

【0013】また、本発明に係る電子情報データ抽出方法は、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータに、それぞれウェーブレット変換処理を行う工程と、ウェーブレット変換処理により、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータからそれぞれ生成された、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比を算出する工程と、電子情報データが埋め込まれたウェーブレット係数ベクトルを特定する工程と、特定した前記ウェーブレット係数ベクトルの3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルの、それぞれ対応する線分比の差分を算出する工程と、算出した前記差分に基づいて電子情報データを抽出する工程とを有している。

【0014】また、本発明に係る電子情報データ埋め込み装置は、4対1統合可能な位相構造を有する3角形ポリゴンで構成される3次元形状モデルのデータが入力されると、ウェーブレット変換処理を行う3次元形状変換手段と、3次元形状変換手段が算出したウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込む電子情報データ埋め込み手段と、電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルに基づいて、ウェーブレット逆変換処理を行い、電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成する3次元形状逆変換手段とを備えている。

【0015】また、本発明に係る電子情報データ抽出装置は、元の3次元形状データであるオリジナルモデルのデータが入力されると、ウェーブレット変換処理により多重解像度表現を行うオリジナルモデル変換手段と、電子情報抽出対象となる対象モデルのデータが入力されると、ウェーブレット変換処理により多重解像度表現を行う対象モデル変換手段と、オリジナルモデル変換手段により生成されたウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比を算出するオリジナル

6

モデル線分比算出手段と、対象モデル変換手段により生成されたウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比を算出する対象モデル線分比算出手段と、電子情報データが埋め込まれたウェーブレット係数ベクトルを特定し、そのウェーブレット係数ベクトルの3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルの、それぞれ対応する線分比の差分を算出して、その差分に基づいて電子情報データを抽出する電子情報データ抽出手段とを備えている。

【0016】また、本発明に係る電子情報データ埋め込み方法のプログラムを記録した記録媒体は、3次元形状モデルのデータにウェーブレット変換処理を行わせ、ウェーブレット変換処理により生成されるウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込ませ、電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルに基づいて、電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成させることをコンピュータに実行させるプログラムを記録する。

【0017】また、本発明に係る電子情報データ抽出方法のプログラムを記録した記録媒体は、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータに、それぞれウェーブレット変換処理を行わせ、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータからそれぞれ生成された、ウェーブレット係数ベクトルのベクトル長とそのウェーブレット係数ベクトルに対応する低解像モデルの線分の線分長との線分比を算出させ、電子情報データが埋め込まれたウェーブレット係数ベクトルを特定させ、そのウェーブレット係数ベクトルの3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルの、それぞれ対応する線分比の差分を算出させて、その差分に基づいて電子情報データを抽出させることをコンピュータに実行させるプログラムを記録する。

【0018】

【発明の実施の形態】実施形態1. 図1は本発明の第1の実施の形態に係る電子情報埋め込み方法及び抽出方法を実現するためのシステムのブロック図である。図において、1は3次元形状変換手段である。3次元形状変換手段1は、オリジナル3次元形状ポリゴンモデル（以下、オリジナルモデル V^0 という）のデータについて、ウェーブレット変換を行い、多重解像度表現への変換を行う。2は電子透かし埋め込み手段である。電子透かし埋め込み手段2は、3次元形状変換手段1で多重解像度表現として表されたデータに、著作権情報等を表す電子透かしとなる透かしデータBを埋め込む。3は3次元形状逆変換手段である。3次元形状逆変換手段3は、透かしデータBを埋め込んだ後のデータに、逆ウェーブレット変換を行い、実際に頒布等を行う3次元形状ポリゴンモデル（以下、流通モデル V'^0 という）のデータを作

7

成する。4は透かし情報抽出手段である。透かし情報抽出手段4は、電子透かしを抽出しようとする対象のモデル（以下、対象モデル V^0 という）から透かしデータBを抽出する。

【0019】図2は電子透かし埋め込み手段2の構成を表すブロック図である。図において、2Aは線分比算出部である。線分比算出部2Aは、3次元形状変換手段1により算出されたウェーブレット係数ベクトル（以下、WT係数ベクトルという）のノルム（ベクトル長）と、ある線分長との線分比を算出する。2Bは係数選択部である。係数選択部2Bは、透かしデータBを埋め込むWT係数ベクトルを選択する。2Cは透かしデータ埋め込み部である。透かしデータ埋め込み部2Cは、係数選択部2Bが選択したWT係数ベクトルとある線分長との線分比に対し、透かしデータを埋め込む。2Dは係数ベクトル作成部である。埋め込んだ後の線分比に基づいて、あらためてWT係数ベクトルを作成する。

【0020】図3は透かし情報抽出手段4の構成を表すブロック図である。図において、4Aはオリジナルモデル変換部である。オリジナルモデル変換部4Aは、3次元形状変換手段1と同様に、オリジナルモデル V^0 のデータについて、ウェーブレット変換を行い、多重解像度表現を行う。4Bは対象モデル変換部である。対象モデル変換部4Bも、対象モデル V^0 のデータについて、ウェーブレット変換を行い、多重解像度表現を行う。4Cはオリジナルモデル線分比算出部である。オリジナルモデル線分比算出部4Cは、線分比算出部2Aと同じように、オリジナルモデル変換部4Aが算出したWT係数ベクトルとある線分長との比を算出する。4Dは対象モデル線分比算出部である。対象モデル線分比算出部4Dも、対象モデル変換部4Bが算出したWT係数ベクトルとある線分長との比を算出する。4Eは透かしデータ抽出部である。オリジナルモデル線分比算出部4C及び対象モデル線分比算出部4Dがそれぞれ算出した比に基づいて、透かしデータBを抽出する。

【0021】図4は本発明の入出力構成を示すシステムのブロック図である。図において、401はコマンド解析／処理部である。コマンド解析／処理部401は、入出力機構405を介して表示装置406、マウス407及びキーボード408と接続され、入力されるコマンドの解析及び処理を行う。また、3次元形状のデータに基づいて表示装置406への3次元形状の表示処理を行ったり、透かしデータBに基づいて電子透かしの表示処理を行ったりする。402は幾何処理部である。幾何処理部402は、本実施の形態の埋め込み方法や抽出方法に基づいて、実際に3次元オリジナル形状モデルに透かしデータBを埋め込んだり、透かしデータBを抽出したりする部分である。403は記憶処理部である。記憶処理部403は、図形記憶領域404にオリジナルモデル V^0 のデータや透かしデータBを埋め込んだ3次元形状モ

(5)

8

デルのデータ等を記憶するための処理を行う。405は入出力機構である。入出力機構405は、コマンド解析／処理部401、幾何処理部402、記憶処理部403及び図形情報記憶領域404により構築された部分と表示装置406、マウス407及びキーボード408とのインターフェイスとなる部分である。

【0022】図5は図4のシステムを実際にハード構成する場合の計算機システムの構成図である。本実施の形態の電子情報データを埋め込んだり、抽出したりする方法は、実際には、例えばCPUを有するコンピュータ上で埋め込み又は抽出を行うためのプログラムに基づいて処理されることになる。図5では中央計算機501、主記憶装置502、入出力制御装置503、マウス407、キーボード408、外部記憶装置504及び表示装置406をシステムバス505で接続した計算機システムで構成されている。またこれに類似するような計算機システムで構成される場合もある。

【0023】本実施の形態は、ウェーブレット変換に基づいてオリジナルモデル V^0 のデータを多重解像度表現のデータに変換し、その変換により生成されるWT係数ベクトルのノルムとそのWT係数ベクトルに対応して定められる線分長との線分比を算出し、その線分比に対して誤差の許容量を考慮しつつ、透かしデータBを埋め込んでいくものである。埋め込んで作成された線分比に基づいて、あらためてWT係数ベクトルを作成し、そのWT係数ベクトルで逆ウェーブレット変換を施して流通モデル V^0 として作成する。線分比に埋め込みを行うので、形状の全体の拡大縮小（一様のスケーリング）等のアフィン変換に対しても耐性を保つことができる。

【0024】また、透かしデータBを抽出する場合、対象モデル V^0 （例えば、流通モデル V^0 と同一のものか又は流通モデル V^0 に対して削除、変形等を施したもの）に対して、ウェーブレット変換を行い、線分比を算出し、オリジナルモデル V^0 の線分比との差分を算出する。この差分値に基づいて、WT係数ベクトルに埋め込まれた透かしデータBを抽出して電子透かしとして表示を行うものである。

【0025】次に上記の図に基づいて、電子情報データの埋め込み方法について説明する。記憶処理部403等から3次元形状変換手段1に、オリジナルモデル V^0 のデータが入力される。その際、解像度表現を行う最大レベルdも定められる。ここで、オリジナルモデルは、3角形ポリゴンの面数が 4^d で割り切れるような位相構造を有していることが条件となる。これは、後に示すようにウェーブレット変換を用いて3角形ポリゴンの4対1統合処理を行うためである。ここで、オリジナルモデル V^0 のデータとは、例えば、各頂点の座標値及びその座標値の関係（どの3つの座標値で3角形ポリゴンの頂点を形成するか）を行列で表現したデータのことである。

【0026】3次元形状変換手段1は、ウェーブレット

(6)

9

変換を用いて、3 角形ポリゴンの 4 対 1 統合処理を行う。4 対 1 統合処理とは、隣接する 4 つの 3 角形ポリゴンを 1 つの 3 角形ポリゴンに近似し、統合する処理である。

【0027】図 6 は、ウェーブレット変換による 3 角形ポリゴンの 4 対 1 統合を表す図である。3 次元形状変換手段 1 は、4 対 1 統合処理により、オリジナルモデル V^0 上の 4 つの 3 角形ポリゴンを、より平坦な 1 つの 3 角形に近似する。この部分は形状モデルの低周波成分を表すものである。また、4 つの 3 角形ポリゴンを平坦な 1 つの 3 角形ポリゴンとして近似することにより、元の 4 つの 3 角形ポリゴンの凹凸は失われる。この失われた凹凸が WT 係数ベクトルとして表される。したがって、WT 係数ベクトルは、形状モデルの高周波成分を表すものである。このように、ウェーブレット変換は、形状モデルの周波数成分を分離することができる。ここで、高周波成分である WT 係数ベクトルの大きさが大きい部分は、形状の細かい凹凸や起伏が激しい部分を表す。この *

$$V^{j+1} = A^{j+1} V^j$$

$$W^{j+1} = B^{j+1} V^j$$

【0029】図 7 は 3 次元ポリゴンモデルの多重解像度表現を表す図である。ウェーブレット逆変換は、次式 (3) で表される。ここで、 P^{j+1} は、 V^{j+1} の 3 角形の頂点の間に新たな中点を作り出す再構成フィルタであ *

$$V^j = P^{j+1} V^{j+1} + Q^{j+1} W^{j+1}$$

【0030】Lazy ウェーブレットを用いた場合、WT 係数ベクトルは、4 対 1 統合されるときに低解像度では現れない頂点を終点とし、その頂点に隣接する低解像度でも残った 2 つの頂点（統合処理された後の 3 角形ポリゴンの 3 つの頂点のうちの 2 つ）を結ぶ線分の midpoint を始点とするベクトルとなる。

【0031】4 対 1 統合処理により、少なくとも低解像近似モデル V^d 並びに各解像レベルの WT 係数ベクトル及び線分長を有する多重解像度表現のデータは、電子透かし埋め込み手段 2 に送信される。また、ビット列数 k *

$$\alpha_{ij} = \|w_{ij}\| / l_{ij}$$

【0033】ここで、オリジナルモデルの線分比 α_{ij} を算出するのは、透かし情報が埋め込まれた後に逆ウェーブレット変換により新たに生成した頂点の座標（つまり、1 レベル高解像になったときに生成される座標）に隣接する低解像度レベルの頂点の座標は、オリジナルモデルの対応する頂点の座標との間でずれが生じているからである。ずれを含んだ頂点を結ぶ線分との線分比を算出したとしても、オリジナルモデルの線分比を用いて透かし情報データを抽出するのは不可能である。透かし情報データを抽出するには、透かしデータ B を埋め込む前の線分比が、オリジナルモデルの対応する線分比と等しくなければならない。そのために、線分比は、オリジナルモデルのものをを用いるのである。このように、WT 係数ベクトルのノルムに基づいて埋め込みを行うので、剛

10

* ような部分に若干の変化が生じていても、人間の視覚には影響が少ない。その点で高周波部分は、透かしデータを埋め込む部分としては都合がよい。透かしデータを埋め込むために高周波成分の大きさの評価が行いやすいという点で、ウェーブレット変換は透かしデータの埋め込みに適している。

【0028】4 対 1 統合処理により、オリジナルモデル V^0 を低解像レベルに近似し、その際に失われた詳細部を WT 係数ベクトルとして表す。これを、最大レベル d まで行う。ここで、3 次元ポリゴン形状モデルのウェーブレット変換は、次式 (1) 及び (2) により行われる。ここで、 V^j は解像度レベル j におけるモデルを表す行列である。また、 A^{j+1} は、低解像レベルへの近似 V^{j+1} （低周波成分）を算出するための解析フィルタである。さらに、 B^{j+1} は、 V^{j+1} への近似の際に、失われた V^j の詳細部を有する WT 係数ベクトル W^{j+1} （高周波成分）を算出するための解析フィルタである。

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

※る。また、 Q^{j+1} は、その新たな中点の位置を、その解像度のモデルがもっていた元の頂点位置まで補正するための再構成フィルタである。

$$\dots (3)$$

★の集合で構成された透かしデータ B が電子透かし埋め込み手段 2 に入力される。また、その際に、オペレータが指定するモデル全体の誤差許容量 ϵ も定められる。

【0032】図 8 は線分比算出部 2 A が算出する線分比の対象となる 2 つの線分長を表す図である。ここで、 i は頂点のインデックスを表す。線分比算出部 2 A は、オリジナルモデルについて、WT 係数ベクトルのノルム $\|w_{ij}\|$ と低解像レベルで残った 2 つの頂点を結ぶ線分の線分長 l_{ij} との線分比を算出する。線分比を α_{ij} とすると、次式 (4) で表される。

$$\dots (4)$$

体変換に対しても耐性をもたせられる。また、線分比を透かしデータ B の埋め込みに用いることにより、一様のスケーリング等に対して耐性をもたせられる。したがって、頑強な電子透かしを埋め込むことができる。

【0034】一方、係数選択部 2 B は、透かしデータ B を埋め込む WT 係数ベクトルを選択する。これは、上述しているように、形状モデルの変化の起伏が激しい（つまり、WT 係数ベクトルのノルムが大きい）部分に透かしデータ B を埋め込んでも、人間の視覚に与える影響が少ないと考えられるからである。また、ここで抽出の際の鍵ともなる埋め込みキー C を用いることにする。埋め込みキー C は、例えば、 $C = (1011001\dots)$ のようなランダムなビット列である。

【0035】まず、各 WT 係数ベクトルと埋め込みキー

(7)

11

Cの各成分とを対応させる。そして、埋め込みキーCの1の成分と対応するWT係数ベクトルを取り出す。取り出したWT係数ベクトルに対して、WT係数ベクトルのノルム $\|w_i^j\|$ を算出し、ノルムがある基準よりも大きなWT係数ベクトルを埋め込みを行うWT係数ベクトルとして選択する。ここで、ある基準としては、埋め込み最低抽出基準 θ という値を採用し、 $\|w_i^j\| > \theta$ を満たすWT係数ベクトルを選択する。このようにして選*

$$\Delta_{MAX} = (d+1) \cdot \delta / 2$$

【0037】オペレータが指定した形状全体の誤差許容量 ε は、 $\Delta_{MAX} \leq \varepsilon$ を満たせばよいので、これを用いてWT係数ベクトルに対する最大許容誤差 δ を表すと、次式(6)のようになる。(6)式からWT係数ベクトル※

$$\delta = 2\varepsilon / (d+1)$$

【0038】透かしデータ埋め込み部2Cは、選択されたWT係数ベクトルの線分比 α_i^j に対し、透かしデータBの埋め込みを行う。透かしデータBの埋め込みは次のようにして行う。(6)式により、各頂点の埋め込みにより生じる最大許容誤差 δ の上限が制限されていることから、選択されたすべてのWT係数ベクトルに対して同じオーダーで透かしデータBを埋め込むことができる。WT係数ベクトルのノルム $\|w_i^j\|$ を 10^p オーダー(例えば、 $\|w_i^j\| = 0.021$ ならば、 $p = -2$)、最大許容誤差 δ を 10^r オーダー(例えば、 $\delta = 0.000052$ ならば、 $r = -5$)、埋め込みにより生じるWT係数ベクトルのノルムの変化の下限値 μ を 10^q オーダー(例えば、 $\mu = 0.000000071$ ならば、 $q = -8$)とする。ここで $p > r > q$ である。線分比 α_i^j を 10^s オーダーとすると、埋め込まれる透かしデータBによるベクトル長の変化は、線分比 α_i^j に対するオーダーでは、 $10^{r-p+s} \sim 10^{q-p+s}$ のオーダーの範囲内であることが必要条件となる。これは、1★

$$\beta_i^j = b_1 \times 10^{r-p+s} + b_2 \times 10^{r-p+s-1} + \dots + b_k \times 10^{r-p+s-k+1}$$

... (7)

【0040】

☆☆【数1】

$$\alpha_i^j = \alpha_i^j + \beta_i^j$$

... (8)

【0041】係数ベクトル作成部2Dは、(8)式により算出された線分比に基づいて、新たに透かしデータBを埋め込んだWT係数ベクトルを次式(9)により作成◆40

$$\hat{w}_i^j = (\alpha_i^j l_i^j) \frac{w_i^j}{\|w_i^j\|} = \frac{\alpha_i^j}{\alpha_i^j} w_i^j$$

... (9)

【0043】3次元形状逆変換手段3は、係数ベクトル作成部2Dにより作成されたWT係数ベクトルについて逆ウェーブレット変換を行う。逆ウェーブレット変換は、式(2)と同様の関係を有する次式(10)で表*

$$V^{j,j} = P^{j+1} V^{j+1} + Q^{j+1} \hat{W}^{j+1}$$

... (10)

12

* 扱されたWT係数ベクトルに対し、透かしデータBが埋め込まれる。

【0036】ここで、レイジー(Lazy)ウェーブレットを用いた場合、WT係数ベクトルの最大許容誤差 δ 及び最大レベル d により、オリジナルモデル V^0 に対する埋め込みが行われた3次元形状モデル(流通モデル V'^0)の頂点移動量の最大値を Δ_{MAX} とすると、 Δ_{MAX} は次式(5)で表される。

... (5)

10※の最大許容誤差 δ を算出する。この δ の値をWT係数ベクトルの透かしデータ埋め込みによって生ずる最大許容誤差値とする。

... (6)

★ 0^p オーダーの $\|w_i^j\|$ に対して、埋め込まれる透かしデータBが $10^r \sim 10^q$ オーダーの範囲にあるという関係を有するからである。これを 10^s オーダーである線分比 α_i^j に対応させた場合に、(4)式より l_i^j は 10^{p-s} オーダーとなるので、線分比 α_i^j に対しては、 $10^{r-p+s} \sim 10^{q-p+s}$ のオーダーの範囲内であることが必要となる。また、透かしデータBの下限値 μ を設定したのは、透かしデータBの埋め込みにより、3角形ポリゴンの各頂点の座標値を操作することになるので、計算誤差に含まれる可能性が大きい最下位ビット付近を使用しないようにするためである。

【0039】透かしデータBの k ビット($k \leq r - q$)のビット列(b_1, \dots, b_k)を線分比に埋め込むために、次式(7)により、ビット列をスカラー量 β_i^j として算出し、次式(8)のように α_i^j に加算する。透かしデータBが埋め込まれない線分比に関しては、スカラー量 $\beta_i^j = 0$ である。

30

◆する。

【0042】

【数2】

*れる。

【0044】

【数3】

【0045】次に図1及び図3に基づいて、透かし情報

50 抽出手段4による電子透かしの抽出方法について説明す

13

る。対象モデル V^0 からの電子透かし抽出には、オリジナルモデル V^0 が必要となる。オリジナルモデル変換部4Aは、3次元形状変換手段1と同様に、(1)式及び(2)式に基づいてオリジナルモデル V^0 のデータの4対1統合処理により、多重解像度表現を行う。また、対象モデル変換部4Bについても、対象モデル V^0 のデータの4対1統合処理を行う。

【0046】オリジナルモデル線分比算出部4Cは、オリジナルモデル変換部4Aから多重解像度表現のデータ(ここでは、WT係数ベクトル w_{ij} 及び線分長 l_{ij})が送信されると、線分比算出部2Aと同様に、(4)式に基づいてオリジナルモデルにおける線分比を算出する。また、対象モデル線分比算出部4Dも、線分比算出部2Aと同様に、(4)式に基づいて対象モデルにおける線分比を算出する。

【0047】透かし情報抽出部4Eは、埋め込みキーC及び誤差許容量 ϵ により算出された最大許容誤差 δ に基づいて、係数選択部2Bで選択されたWT係数ベクトルを特定する。これは、たとえ、埋め込み時に透かしデータBを埋め込むWT係数ベクトルとして選択されずに透かしデータが埋め込まれなかったWT係数ベクトルであっても、逆変換等の過程で、埋め込みの影響により頂点がずれて線分長 l_{ij} が変わることがあり、その線分比は、オリジナルモデルと同じ線分比となるとは限らなくなるからである。そのため、埋め込みにより線分比間に差分が生じたものと線分長 l_{ij} が変わることにより線分比間に差分が生じたものとを区別し、選択されたWT係数ベクトルを特定する必要がある。

【0048】WT係数ベクトルが特定されると、そのWT係数ベクトルにおいて、オリジナルモデル線分比算出部4Cが算出した線分比と対象モデル線分比算出部4Dが算出した線分比のそれぞれ対応するものの差分を算出する。この差分は、スカラー量 β_{ij} を表す。誤差許容量 ϵ 、ビット列数 k 及びオリジナルモデルの多重解像度表現のデータにより、埋め込みが行われたオーダーが算出可能である。そこで(7)式に基づいて、透かしデータBのビット列(b_1, \dots, b_k)を算出する。これを繰り返し、透かしデータBを抽出する。抽出された透かしデータBに基づいて、表示装置406に電子透かしが表示される。

【0049】図9は本実施の形態の透かしデータの埋め込み方法及び抽出方法の操作環境を示す図である。透かしデータBの埋め込みを誤差許容量 ϵ を変えながら行ったものである。 $\epsilon=0.01$ では、オリジナルモデル V^0 と見分けがつかない状態となっている。オペレータは、流通モデル V^0 として頒布できると判断するまで、各パラメータを変えながら、透かしデータBの埋め込み処理を繰り返し行い、流通モデル V^0 を作成する。流通モデル V^0 は、剛体変換やスケーリング等のアフィン変換等により様々に変換可能である。このよう

(8)

14

な変換を行ったとしても、電子透かしの抽出対象となる対象モデル V^0 からは、透かしデータBが抽出でき、電子透かしを表示することができる。

【0050】以上のように第1の実施の形態によれば、3次元形状変換手段1が、4対1統合可能な位相構造をもつ3角形ポリゴンのオリジナルモデル V^0 のデータにウェーブレット変換処理を施して多重解像度表現のデータとし、電子透かし埋め込み手段2が、3次元形状モデルの形状の変化が激しい部分を表すWT係数ベクトルに透かしデータを埋め込み、3次元形状逆変換手段3が、透かしデータを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成するようにしたので、視覚的な変化の影響をほとんど受けずに透かしデータを埋め込むことができる。また、低解像のWT係数に透かしデータを埋め込むことにより、広範囲に透かしデータを埋め込むことが可能となるので、局所的な削除、剛体変形、アフィン変換等に耐性をもたせることができ、頑強な電子透かしを得ることができる。また、電子透かし埋め込み手段2の線分比算出部2Aが、オリジナルモデルについて、WT係数ベクトルのノルム $\|w_{ij}\|$ と低解像レベルで残った2つの頂点を結ぶ線分の線分長 l_{ij} との線分比 α_{ij} を算出し、係数選択部2Bが、透かしデータを埋め込むWT係数ベクトルを選択し、透かしデータ埋め込み部2Cが、誤差許容量 ϵ に基づいて、ビット列の透かしデータをスカラー量 β_{ij} に変換し、線分比 α_{ij} に加算して新たなWT係数ベクトルを作成するようにしたので、透かしデータを埋め込んだ後の頂点移動量を制御することができる。適切な範囲内での制御を行うことができる。したがって、3次元形状モデルの視覚的な変化の影響をほとんど受けることなく、透かしデータを埋め込むことができる。またWT係数ベクトルの選択には、ランダムなビット列の埋め込みキーCを用いるので、埋め込みキーCの保持者だけが透かしデータの抽出を行うこともでき、セキュリティ、秘密保護等に役立つ。4対1統合可能な位相構造をもつ3角形ポリゴンでオリジナルモデルを構成することにより、ウェーブレット変換を用いて多重解像度表現を行うことが容易となる。

【0051】さらに、透かしデータ抽出手段4のオリジナルモデル変換部4A及び対象モデル変換部4Bが、ウェーブレット変換により、それぞれのモデルのデータを多重解像度表現のデータに変換し、オリジナルモデル線分比算出部4C及び対象モデル線分比算出部4Dにより、それぞれのWT係数ベクトルに基づいた線分比を算出し、透かしデータ抽出部4Eが許容誤差 ϵ 、埋め込みキーC等に基づいて、埋め込みが行われたWT係数ベクトルを特定し、そのWT係数ベクトルの差分を算出して、それぞれのWT係数ベクトルからビット列の透かしデータを抽出し、全体としての透かしデータを抽出するようにしたので、埋め込まれた電子情報データを効率よく抽出することができる。

15

【0052】実施形態2. なお、上述の第1の実施の形態においては、ウェーブレット変換を行うのに、Lazyウェーブレットを用いたが、本発明はそれに限定されるものではなく、球面ウェーブレット、k-diskウェーブレット等、他のウェーブレットでも適用が可能である。ただ、Lazyウェーブレットでは、WT係数ベクトルは、4対1統合されるときに低解像レベルでは現れない頂点を終点とし、その頂点に隣接する低解像レベルで残った2つの頂点（統合された後の3角形ポリゴンの3つの頂点のうちの2つ）を結ぶ線分の中点を始点とするベクトルとして表される。このため、WT係数ベクトルのもつ幾何学的な意味（低解像にすることにより失われる高解像部分の詳細表示）が明確である。それに比べて、他のウェーブレットではWT係数ベクトルの意味が直感的に理解しづらくなる。また、このため、頂点移動量の最大値を Δ_{MAX} と最大許容誤差 δ との関係を表す(5)式を用いて誤差制御ができなくなる。したがって、他のウェーブレットを用いる場合は(5)式及び(6)式の部分は、別の式を用いる必要がある。

【0053】実施形態3. 上述の実施の形態では、1つの透かしデータを用いて埋め込みを行ったが、本発明ではこれに限定されるものではなく、誤差の範囲内で、複数の透かしデータを用いて埋め込みを行うことも可能である。

【0054】実施形態4. 上述の実施の形態では、WT係数ベクトルの選択に埋め込みキーCを用いたが、これは、セキュリティを高めるために用いたものであって、選択には必ず必要なものではない。したがって、埋め込みキーCを用いなくても、WT係数ベクトルを選択することができる。

【0055】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、3次元形状モデルのデータにウェーブレット変換処理を施し、3次元形状モデルの形状の変化が激しい部分となるウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込んで、電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成するようにしたので、視覚的な変化の影響をほとんど受けずに電子情報データを埋め込むことができる。低解像のウェーブレット係数に埋め込むことにより、大域的に電子情報データを埋め込むことが可能となるので、局所的な削除、変形等に耐性をもたせることができ、頑強な電子透かし等の電子情報を得ることができる。

【0056】また、本発明によれば、元の3次元形状を4対1統合可能な位相構造をもつ3角形ポリゴンで構成するので、ウェーブレット変換を用いて多重解像度表現を行うことが容易となる。

【0057】また、本発明によれば、ウェーブレット変換処理にLazyウェーブレットを用いるようにしたので、電子情報データ埋め込みによる3次元形状モデルの

(9)

16

頂点の移動量の制御を単純な式に基づいて行うことができる。

【0058】また、本発明によれば、電子情報データを埋め込む際に、電子情報データを埋め込むウェーブレット係数ベクトルを選択し、頂点移動量の許容範囲に基づいて電子情報データをスカラー量に変換して線分比の値に加算してその線分比に基づいて、電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数ベクトルを作成するようにしたので、電子情報データを埋め込んだ後の頂点移動量を制御することができ、適切な範囲内での制御を行うことができる。したがって、3次元形状モデルの視覚的な変化の影響をほとんど受けることなく、電子情報データを埋め込むことができる。

【0059】また、本発明によれば、電子情報データを埋め込むウェーブレット係数ベクトルの選択にビット列で構成されるキーの成分に基づいた選択を行うようにしたので、キーをランダムに定めることにより、キーの保持者だけが電子情報データの抽出を行うこともでき、セキュリティ、秘密保護等に役立つ。

【0060】また、本発明によれば、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータに、それぞれウェーブレット変換処理を行い、それぞれの線分比の値を算出し、電子情報データが埋め込まれたウェーブレット係数ベクトルを特定して、そのウェーブレット係数ベクトルに対し、線分比の値の差分を算出して電子情報データを抽出するようにしたので、ウェーブレット変換処理により、埋め込まれた電子情報データを効率よく抽出することができる。

【0061】また、本発明によれば、3次元形状変換手段が4対1統合可能な位相構造を有する3角形ポリゴンで構成される3次元形状モデルのデータをウェーブレット変換し、電子情報データ埋め込み手段がウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込んで、3次元形状逆変換手段が、電子情報データを埋め込んだウェーブレット係数にウェーブレット逆変換処理を行い、電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成するようにしたので、3次元形状モデルが4対1統合可能な位相構造を有する3角形ポリゴンであることが条件となるが、視覚的な変化の影響をほとんど受けない、しかも局所的な削除、変形等に耐性をもたせた頑強な電子情報を得ることができる。

【0062】また、本発明によれば、オリジナルモデル変換手段が、元の3次元形状データをウェーブレット変換し、また、対象モデル変換手段が、電子情報抽出対象となる対象モデルのデータをウェーブレット変換し、オリジナルモデル線分比算出手段及び対象モデル線分比算出手段がそれぞれ線分比を算出して、電子情報データ抽出手段が、電子情報データが埋め込まれたウェーブレット係数ベクトルを特定し、そのウェーブレット係数ベクトルの3次元形状モデル及び電子情報データを埋め込

(10)

17

だ3次元形状モデルの、それぞれ対応する線分比の値の差分を算出して、その差分に基づいて電子情報データを抽出するようにしたので、ウェーブレット変換処理により、埋め込まれた電子情報データを効率よく抽出することができる。

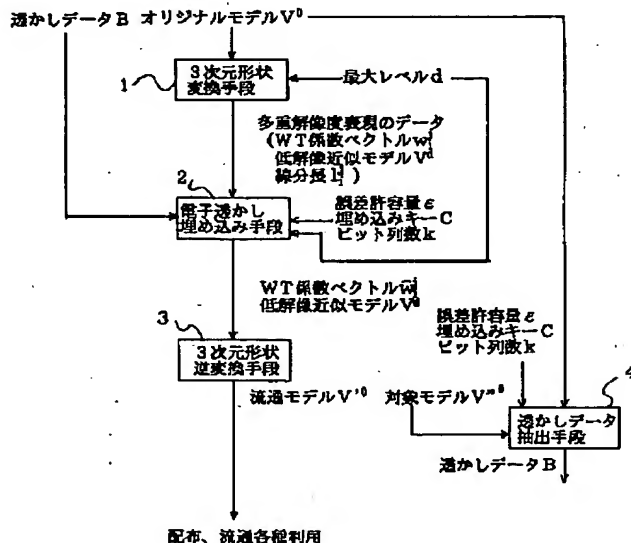
【0063】また、本発明の記録媒体は、3次元形状モデルのデータにウェーブレット変換処理を施させ、3次元形状モデルの形状の変化が激しい部分となるウェーブレット係数ベクトルに電子情報データを埋め込ませ、電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータを作成させるようにコンピュータに実行させるプログラムを記録しているので、視覚的な変化の影響をほとんど受けずに、電子情報データを埋め込むことができる。しかも埋め込まれた電子情報データは局所的な削除、変形等に耐性をもたせたものとなるので、頑強な電子透かし等の電子情報を得ることができる。

【0064】また、本発明の記録媒体は、3次元形状モデルのデータ及び電子情報データを埋め込んだ3次元形状モデルのデータに、それぞれウェーブレット変換処理を行わせ、それぞれの線分比を算出させ、電子情報データが埋め込まれたウェーブレット係数ベクトルを特定させて、そのウェーブレット係数ベクトルに対し、線分比値の差分を算出させて電子情報データを抽出させるようにコンピュータに実行させるプログラムを記録しているので、ウェーブレット変換処理を行わせることにより、埋め込まれた電子情報データを効率よく抽出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る電子情報埋め込み方法及び抽出方法を実現するためのシステムのブ

【図1】



18

ック図である。

【図2】透かし情報埋め込み手段2の構成を表すブロック図である。

【図3】透かし情報抽出手段4の構成を表すブロック図である。

【図4】本発明の入出力構成を示すシステムのブロック図である。

【図5】図4のシステムを実際にハード構成する場合の構成図である。

【図6】ウェーブレット変換による3角形ポリゴンの4対1統合を表す図である。

【図7】3次元ポリゴンモデルの多重解像度表現を表す図である。

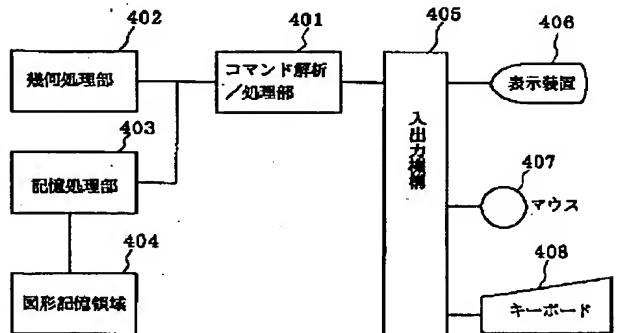
【図8】線分比算出部2Aが算出する線分比の対象となる2つの線分長を表す図である。

【図9】操作環境を示す図である。

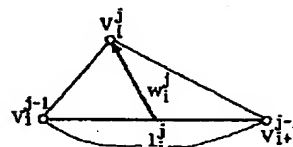
【符号の説明】

- 1 3次元形状変換手段
- 2 電子透かし埋め込み手段
- 2 A 線分比算出部
- 2 B 係数選択部
- 2 C 透かしデータ埋め込み部
- 2 D 係数ベクトル作成部
- 3 3次元形状逆変換手段
- 4 透かし情報抽出手段
- 4 A オリジナルモデル変換部
- 4 B 対象モデル変換部
- 4 C オリジナルモデル線分比算出部
- 4 D 対象モデル線分比算出部
- 4 E 透かし情報抽出部

【図4】

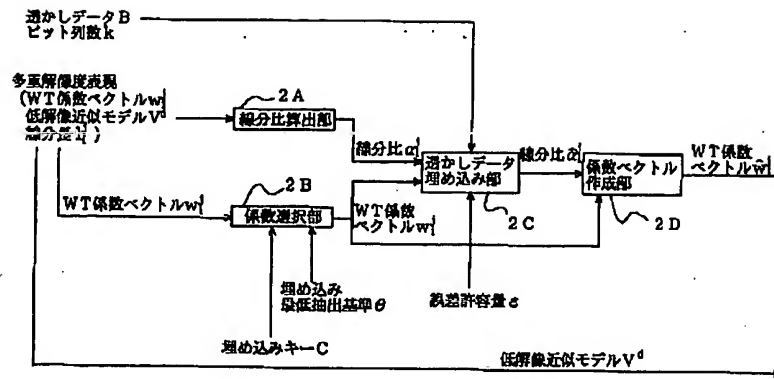


【図8】

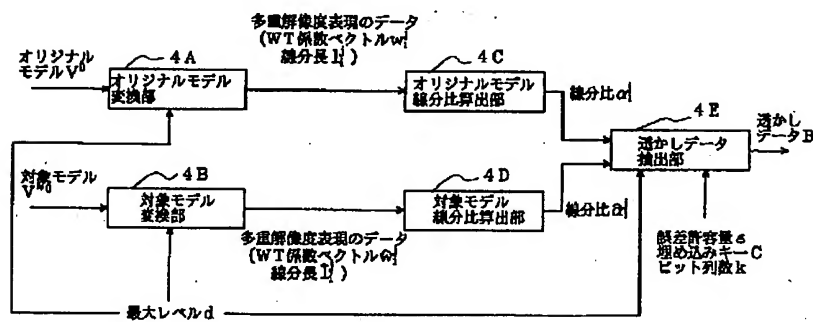


(11)

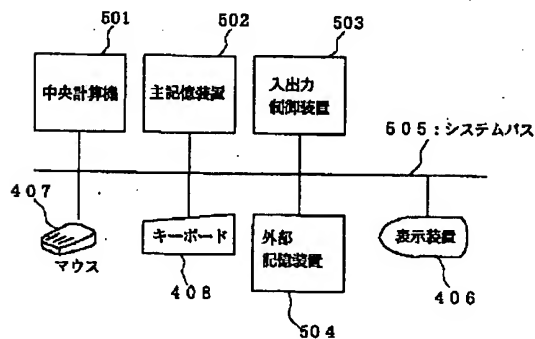
【図2】



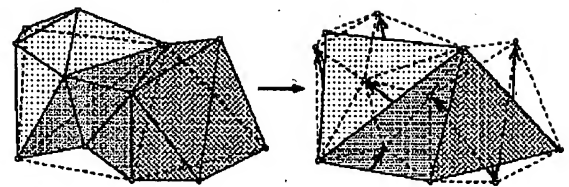
【図3】



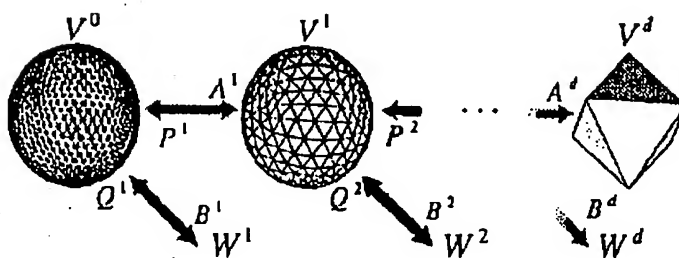
【図5】



【図6】

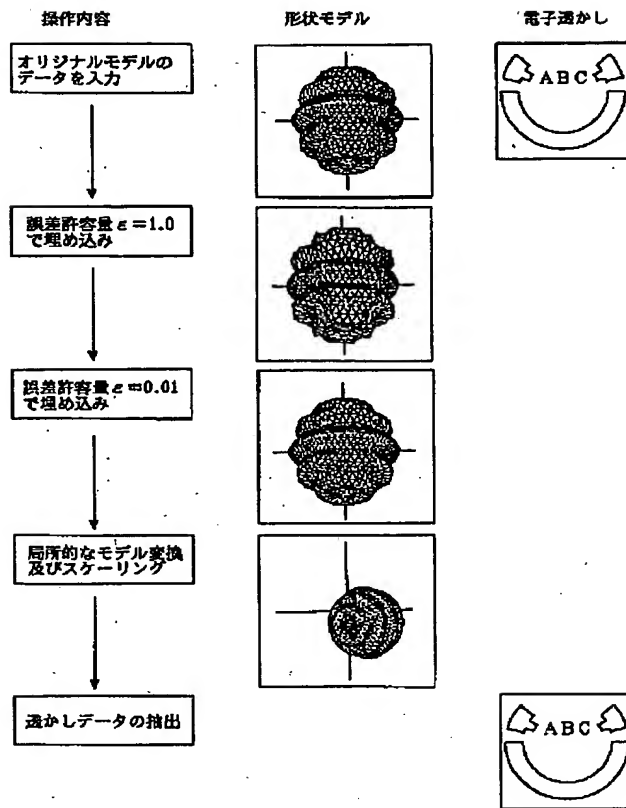


【図7】



(12)

【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 伊達 宏昭
札幌市東区北25東2-3-11-106

(72)発明者 青木 潔
神奈川県川崎市幸区堀川町580番地 株式
会社エヌ・ケー・エクサ内

(72)発明者 遠藤 明彦
神奈川県川崎市幸区堀川町580番地 株式
会社エヌ・ケー・エクサ内

Fターム(参考) 5B050 BA09 EA03 EA11 EA19 EA28